

**APRUEBA MODIFICACIÓN DE METODOLOGÍA DE  
BALANCES DE MASA DE ARSÉNICO Y AZUFRE DE LA  
FUNDICIÓN POTRERILLOS, EN EL MARCO DEL D.S.  
N°28, DE 2013, DEL MINISTERIO DEL MEDIO  
AMBIENTE, QUE ESTABLECE NORMA DE EMISIÓN  
PARA FUNDICIONES DE COBRE Y FUENTES EMISORAS  
DE ARSÉNICO**

**RESOLUCIÓN EXENTA N° 928**

**SANTIAGO, 12 de mayo de 2025**

**VISTOS:**

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley N°20.417, que fija el texto de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, “LOSMA”); en la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en la Ley N°19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley N°18.834 que Aprueba el Estatuto Administrativo; en el Decreto Supremo N°28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico (en adelante, “D.S. N°28/2013 MMA”); en el Decreto con Fuerza de Ley N°3, de 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija la Planta de Personal de la Superintendencia del Medio Ambiente y su Régimen de Remuneraciones; en la Resolución Exenta N°2207, de 2024, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija su organización interna y deja sin efecto las resoluciones exentas que indica; en el Decreto Supremo N°70, de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, que nombra a la Superintendente del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta RA N°119123/98/2023, de 2023, de la Superintendencia del Medio Ambiente que nombra a la Jefa de la División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta RA 119123/73/2024, de 2024, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que nombra Fiscal de la Superintendencia del Medio Ambiente; y, en la Resolución N°36, de 2024, de la Contraloría General de la República, que fija norma sobre exención del trámite de toma de razón.

**CONSIDERANDO:**

1° Que, la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, “Superintendencia” o “SMA”) es el servicio público creado para ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y, o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establece la ley, así como imponer sanciones en caso que se constaten infracciones de su competencia.

2° Que, el inciso 2° del artículo 12 del D.S. N°28/2013 MMA prescribe lo siguiente: “(...) *las fuentes emisoras nuevas y existentes deberán presentar a la Superintendencia del Medio Ambiente, para su aprobación, las metodologías específicas conforme a las cuales se realizarán los balances de masa mensuales para azufre y arsénico (...)*”.



3° Que, mediante la Resolución Exenta N°694, de fecha 21 de agosto de 2015, esta Superintendencia aprobó el “Protocolo para validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras de acuerdo con el D.S. N°28/2013 MMA (en adelante, “Res. Ex. N°694/2015 SMA” o “protocolo de balances de masa”).

4° Que, la Fundición Potrerillos cuya titularidad corresponde a la Corporación Nacional del Cobre (en adelante, “Codelco” o “titular”), corresponde a una fuente emisora existente y se encuentra afecta a los límites de emisión establecidos en el D.S. N°28/2013 MMA desde el 12 de diciembre de 2018. Específicamente, los artículos 3° y 4° del referido decreto, establecen los límites de emisión para el sistema de la fundición y sus procesos unitarios; planta de ácido, secador y hornos de refino.

5° Que, conforme a lo anterior, a través de la Resolución Exenta N°279, de fecha 4 de abril de 2016, esta Superintendencia aprobó la metodología de balances de masa de arsénico (As) y azufre (S) de la Fundición Potrerillos. Se hace presente que la última modificación a la metodología de balances de masa fue aprobada, a través de la Resolución Exenta N°48, de fecha 11 de enero de 2022 por esta Superintendencia (en adelante “Res. Ex. N°48/2022 SMA”).

6° Que, el artículo 13 del D.S. N°28/2013 MMA establece que las fuentes emisoras nuevas y existentes deben realizar una auditoría en el primer semestre de cada año calendario, por una entidad certificadora de conformidad ambiental autorizada por esta Superintendencia, con el objeto de revisar y verificar la aplicación de las metodologías usadas en los balances de masa.

7° Que, en el año 2024, la Fundición Potrerillos ejecutó la auditoría externa a través de la Entidad Técnica de Certificación Ambiental (en adelante “ETCA”), Servicios Mineros SpA. En dicho proceso de auditoría, se constató una no conformidad relacionada con la identificación de los flujos que conforman los balances de masa. Específicamente, se constató que el documento de la metodología de balances de masa aprobada mediante la Res. Ex. N°48/2022 SMA, no declaró el flujo de entrada “fusión carga fría alta ley DVEN”. Además, se constató que existen flujos intermedios no definidos o declarados con otra nomenclatura, los cuales corresponden a los siguientes: i) circulantes (buzón material húmedo planta de secado, buzónes sistema de inyección, polvos finos de precipitador, escoria mixta (mazamorra), inventario moldes y secundario en TK); ii) carga fría (secundarios sólidos y en piso de nave); iii) cargas líquidas (líquidos calientes); y, iv) concentrados PFE (Concentrado de Flotación de Escorias Recirculadas Nodo 106, Concentrado de Flotación de Escorias Recirculadas Nodo 200 y Concentrado almacenado en PFE).

8° Que, debido a las desviaciones detectadas en el proceso de auditoría del año 2024, la SMA realizó una reunión de asistencia al cumplimiento el 20 de enero de 2025. Adicionalmente, mediante la Resolución Exenta N°132, del 30 de enero de 2025, se realizó un requerimiento de información al titular, con el fin de asegurar la identificación de todos los flujos que conforman los balances de masa de arsénico y azufre en el documento de la metodología, así como la estandarización de la nomenclatura utilizada por el titular.

9° Que, posteriormente, el titular a través de la carta GMA-018/2025, de fecha 27 de febrero de 2025, presentó a la SMA una propuesta de



modificación de la metodología de balances de masa de la Fundición Potrerillos, según lo requerido en el resuelvo primero de la Res. Ex. N°132/2025 SMA.

10° Que, la actualización de la metodología de balances de masa de la fundición incluyó la incorporación de los flujos intermedios que no se encontraban declarados, así como la estandarización de la nomenclatura de dichos flujos, con objeto de asegurar la trazabilidad entre los balances de masa de cobre (Cu), arsénico y azufre. Como resultado, se modificaron los siguientes aspectos de la metodología: i) Identificación del sistema; ii) Descripción de los flujos; iii) Muestreo; iv) Diagrama de puntos de medición y muestreo; y, v) Análisis químico.

11° Que, el informe técnico de fiscalización ambiental, DFZ-2025-3006-III-NE, da cuenta de los resultados del examen de información efectuado por la Superintendencia del Medio Ambiente a la modificación de la metodología de balances de masa de arsénico y azufre de la Fundición Potrerillos, en el cual se recomienda aprobar la modificación en atención a que la metodología se ajusta a los requisitos establecidos en el protocolo para validación de metodologías de balances de masa de arsénico y azufre de esta Superintendencia.

12° Que, en atención a lo anterior, se procede a resolver lo siguiente:

#### **RESUELVO:**

**PRIMERO. APRUÉBESE** el documento técnico “Metodología de Balance Azufre-Arsénico Fundición Potrerillos. Codelco División Salvador Febrero 2025”, presentado por el titular Codelco, mediante la carta GMA-011/2025, 27 de febrero de 2025, cuyo texto íntegro se acompaña a la presente resolución, entendiéndose parte de la misma.

Asimismo, forman parte íntegra de esta resolución, los procedimientos e informe de evaluación técnica elaborado por esta Superintendencia.

**SEGUNDO. DÉJESE SIN EFECTO** a contar de la notificación del presente acto, la Resolución Exenta N°48, de fecha 11 de enero de 2022, de esta Superintendencia.

**TERCERO. CONDICIONES** La metodología aprobada deberá aplicarse considerando obligatoriamente las condiciones que a continuación se establecen en la presente resolución:

1. Se deberán respetar el sistema y sus límites definidos. Cualquier modificación a estos deberá ser informada y justificada técnicamente a esta Superintendencia.

2. La fuente emisora deberá implementar el balance de masa en los términos aprobados por esta Superintendencia. Cualquier clase de modificación y/o necesidad de corrección a estos, deberán ser informados y justificados técnicamente a esta Superintendencia. Así también, se deberá informar respecto a las mejoras tecnológicas que se puedan implementar en el transcurso del tiempo, tanto a los sistemas de abatimiento de emisiones, como al proceso productivo y que sean motivo de modificación de la metodología presentada.



3. Los procedimientos de muestreo y análisis químico deben ser consistentes con la información declarada en el documento de la metodología de balances de masa.

4. La planilla de los reportes mensuales de los balances de masa de arsénico y azufre deberá incluir todos los flujos de entrada, flujos intermedios (inventarios) y flujos de salidas definidos en el documento mencionado en el resuelvo primero.

5. Si por necesidades operacionales se requiere incorporar un flujo de entrada, flujo de salida o flujo intermedio en el límite del sistema de la fuente emisora se deberá informar y justificar técnicamente a esta Superintendencia.

**CUARTO. HACER PRESENTE** que, de acuerdo con lo señalado en el artículo 13° del D.S. N°28/2013 MMA, se debe efectuar anualmente una auditoría externa que revise y verifique la aplicación de la metodología de balances de masa, la cual deberá ser realizada por una Entidad Técnica de Certificación Ambiental (ETCA) autorizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, lo cual será fiscalizado por este servicio.

**ANÓTESE, COMUNÍQUESE Y DESE CUMPLIMIENTO.**



**MARIE CLAUDE PLUMER BODIN**  
**SUPERINTENDENTA DEL MEDIO AMBIENTE**

San Pedro

BRS/JAA/CLV/VGD/CQM/ESD

**Distribución:**

- Humberto Rivas Guzmán, en representación de Corporación Nacional del Cobre. Huérfanos N°1270, comuna de Santiago, región Metropolitana de Santiago. Correo electrónico: [hriva002@odelco.cl](mailto:hriva002@odelco.cl)  
[cpini001@odelco.cl](mailto:cpini001@odelco.cl), [GCast042@odelco.cl](mailto:GCast042@odelco.cl)

**C.c.:**

- Fiscalía, SMA.
- División de Fiscalización, SMA.
- Oficina regional de Atacama, SMA.
- Oficina de Partes, SMA.

Expediente cero papel N°6399/2025





CODELCO

# METODOLOGÍA DE BALANCE AZUFRE – ARSÉNICO FUNDICIÓN POTRERILLOS Codelco División Salvador

Actualización N° 4

## Contenido

1. REQUERIMIENTOS GENERALES.....	3
2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA.....	7
3. FLUJOS .....	11
4. VALIDACIÓN DEL BALANCE.....	16
<i>Tonelaje de flujos de proceso.....</i>	<i>18</i>
<i>Inventarios de proceso.....</i>	<i>18</i>
<i>Leyes de azufre y arsénico .....</i>	<i>18</i>
5. MUESTREO.....	20
6. ANÁLISIS QUÍMICO .....	28
7. RED DE MONITOREO .....	33

## 1. REQUERIMIENTOS GENERALES

### 1.1 Introducción

La Fundición de Cobre de Potrerillos, tiene una capacidad de fusión de 680.000 ton/año de concentrados secos de cobre, provenientes de la División Salvador y otros proveedores nacionales, siendo una fundición de carácter maquiladora. Su capacidad de producción de ánodos es de aproximadamente 186.000 ton/año.

La Fundición Potrerillos se encuentra ubicada en la Región de Atacama, Provincia de Chañaral, en la zona industrial de Potrerillos, ubicada a 180 km al Este de la ciudad de Chañaral y a una altura de 2.950 m.s.n.m. aproximadamente. La siguiente imagen muestra la ubicación regional de la Fundición:

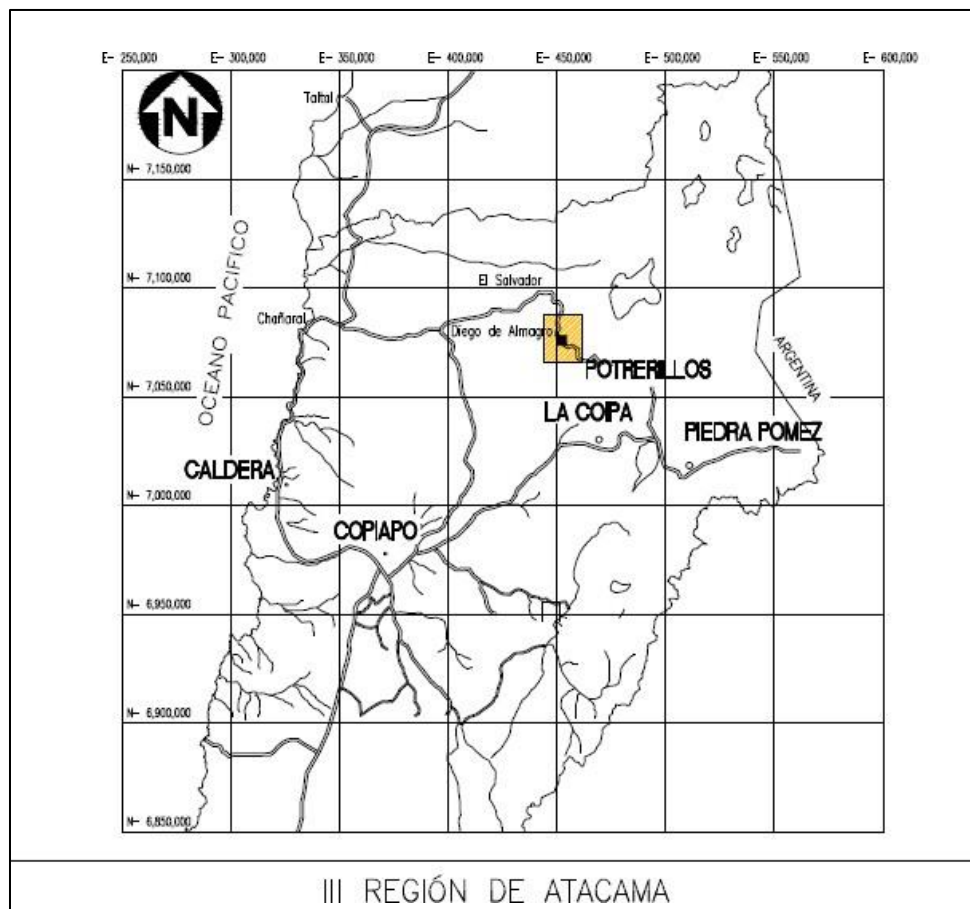


Imagen 1.1: Ubicación Fundición Potrerillos.

La Fundición de Potrerillos, cuyo inicio de la operación data de la década de 1920, procesa concentrados de distinta procedencia con el fin de generar ánodos como producto para enviar a la Refinería electrolítica y obtener cátodos como producto comercial.

El proceso considera el secado de los concentrados para que puedan ingresar al proceso de fusión con una humedad inferior a 0,2%. En el proceso de Fusión, el cual es realizado en el horno Convertidor Teniente (CT), se obtiene metal blanco como producto rico en cobre, y escoria de CT.

El metal blanco alimenta el proceso de conversión, el cual es realizado en los Convertidores Peirce Smith (CPS), desde donde se obtiene cobre blíster que es enviado posteriormente a los Hornos de Ánodos (HA) para ser refinado y moldeado.

Por su parte, la escoria generada en el Convertidor Teniente, previo enfriamiento y acopio, es enviada para su procesamiento mediante molienda y flotación, a la Planta de Flotación de Escorias (PFE) logrando extraer el cobre contenido en este material, el cual es retornado a la Fundición como concentrado de escoria, y a su vez genera un relave que es dispuesto en el Depósito de Relaves Filtrados.

Los gases de la Fundición provenientes de los Convertidores Teniente y Peirce Smith, son enviados a la Planta de Tratamiento de Gases, compuesta por la unidad de Manejo y Limpieza de Gases y Planta de Ácido Sulfúrico, esta última, de contacto doble.

Desde el punto de vista normativo, en el Diario Oficial del 12 de diciembre de 2013 se publicó el Decreto Supremo N°28 del Ministerio del Medio Ambiente que establece “Norma de Emisión de Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico”. Entre otros aspectos, el D.S. N° 28 define los límites de la fuente emisora, que determinan los flujos de entrada y salida de un conjunto de operaciones consideradas en el balance de masa de arsénico y de azufre. Además, para las fuentes emisoras nuevas y las existentes, el D.S. N° 28 define los límites máximos anuales de emisión de SO<sub>2</sub> y As y los plazos para su cumplimiento. Las fuentes emisoras existentes, deberán tener una captura mínima de azufre y de arsénico de 95%.

Con fecha 21 de agosto del 2015, la Superintendencia del Medio Ambiente emite la resolución N° 694 que tiene por objetivo aprobar el "PROTOCOLO PARA VALIDACIÓN DE METODOLOGÍAS DE BALANCE DE MASA DE ARSÉNICO Y AZUFRE EN FUENTES EMISORAS DE ACUERDO AL D.S. 28/2013 MMA". En base a las directrices entregadas en este protocolo, División Salvador de Codelco (DSAL) desarrolló su Metodología para la confección del balance de azufre y arsénico de la Fundición Potrerillos, la cual fue aprobada mediante la Resolución Exenta SMA N° 279 emitida el 4 de abril de 2016.

Posterior a la Resolución indicada anteriormente, DSAL ha efectuado tres actualizaciones a la Metodología de Balance de As y S, las cuales han sido aprobadas por la SMA, mediante:

- Resolución Exenta N° 280/2017, Actualización N°1.
- Resolución Exenta N° 555/2019, Actualización N°2.
- Resolución Exenta N° 048/2022, Actualización N°3.

Producto de una revisión interna realizada a la metodología aprobada mediante la Res. Ex. N° 048/2022, DSAL ha elaborado el presente documento, denominado “METODOLOGÍA DE BALANCE AZUFRE – ARSÉNICO FUNDICIÓN POTRERILLOS Codelco División Salvador Actualización N°4”, el cual será presentado ante la Superintendencia del Medio Ambiente.



Los cambios principales contenidos en el presente documento corresponden a:

- Nueva forma de cuantificación de flujo de relave en balance de PFE.
- Nueva estructuración y clasificación de Inventarios.
- Método alternativo de “Tipo de muestreo/equipos” para análisis químico de flujos de concentrado propio y concentrado externo.

## 1.2 Resumen de Metodología

La determinación de las emisiones de azufre y arsénico en Fundición Potrerillos, se hará de acuerdo a las orientaciones entregadas por la Superintendencia del Medio Ambiente, utilizando las ecuaciones de balance aplicadas a la unidad de control, que para el caso de Potrerillos ha sido definida como el área comprendida entre la Planta de Secado como entrada, y las salidas de los distintos procesos productivos tales como ánodos, relave, ácido sulfúrico, efluentes, entre otros materiales. Adicionalmente, se consideran las variaciones de inventario de los flujos internos tales como circulantes, carga fría, entre otros.

Su cálculo se efectuará utilizando las siguientes ecuaciones principales.

$$Emisión\ As_{mes} = As_{entrada} - As_{salida} - [As_{(final)} - As_{(inicial)}] \quad Ec.1$$

$$Emisión\ S_{mes} = S_{entrada} - S_{salida} - [S_{(final)} - S_{(inicial)}] \quad Ec.2$$

Esquemáticamente se considera la siguiente conceptualización de control:



### 1.2: Esquema General de Balance Fundición Potrerillos.

Para la aplicación de las ecuaciones de balance, se considerarán los flujos másicos obtenidos de la reconciliación del balance de Cobre, la cual, en el caso de División Salvador, se realiza mediante el software informático SIGMAFINE, el cual entrega los valores reconciliados de todos los flujos de entrada y salida y los inventarios de los distintos nodos de control, mediante la aplicación de factores de tolerancia aplicados a cada dato, según la confiabilidad de la fuente que los origina.

Respecto a las leyes de azufre y arsénico que serán utilizadas, éstas corresponden a los análisis obtenidos de las muestras recolectadas en cada corriente del volumen de control, las que son obtenidas de acuerdo a las características del flujo correspondiente, resguardando la representatividad del flujo y de acuerdo a las normativas de calidad asociadas a estas actividades.

### 1.3 Antecedentes del Titular

**Tabla 1.1: Antecedentes del Titular de la Fundición Potrerillos.**

<b>Titular de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada:</b> División Salvador – Codelco Chile		<b>RUT o RUN:</b> 61.704.000-k	
<b>Identificación de la fuente:</b> Fundición de Concentrados de Cobre Potrerillos			
<b>Dirección:</b> Av. Bernardo O´Higgins 103, El Salvador	<b>Región:</b> III Región de Atacama	<b>Provincia:</b> Chañaral	<b>Comuna:</b> Diego de Almagro
<b>Correo electrónico:</b> ctoutin@codelco.cl		<b>Teléfono:</b> 52-2472510	
<b>Representante Legal:</b> Christian Marcel Toutin Navarro		<b>RUT:</b> 10.044.337-6	
<b>Dirección:</b> Av. Avenida Bernardo O´Higgins 103, El Salvador	<b>Región:</b> III Región de Atacama	<b>Provincia:</b> Chañaral	<b>Comuna:</b> Diego de Almagro

## 2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

La Fundición Potrerillos se encarga de procesar concentrados de cobre, tanto internos como externos, para generar ánodos como producto y ácido sulfúrico como subproducto comercial. Para lograr este objetivo, cuenta con 3 macro unidades de proceso que corresponden a Fundición, Planta de Flotación de Escorias y Planta de Tratamiento de Gases.

- **Fundición:** es la planta que abarca desde la recepción de los concentrados hasta el moldeo de ánodos. Comprende las unidades de procesos de Recepción y Mezcla, Planta de Secado, Fusión, Conversión, Refino a Fuego y Moldeo. Para efectos de balance de As y S, el volumen de control considera desde la Planta de Secado en adelante.
- **Planta de Tratamiento de Gases (PTG):** es el proceso que se encarga de procesar los gases ricos en azufre generados por los procesos de fusión y conversión. Para ello cuenta con la unidad de Manejo y Limpieza de gases, donde se retiran las partículas gruesas contenidas en el gas, y una unidad Planta de ácido, que se encarga de realizar la limpieza húmeda de los gases, la conversión de  $\text{SO}_2$  a  $\text{SO}_3$  y por último, la absorción de  $\text{SO}_3$  en agua para obtener el ácido sulfúrico producto.
- **Planta de Flotación de Escorias (PFE):** es el proceso de tratamiento de escorias, que considera recuperar el cobre contenido en escorias por medio de las etapas de molienda, flotación, espesamiento y filtrado. El producto de esta planta corresponde a un concentrado de cobre que retorna al CT para ser fundido o que también puede ser vendido.

Los equipos operacionales asociados a los procesos de Fundición Potrerillos se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 2.1: Identificación de equipos Fundición Potrerillos.**

Equipo/ instalación	Cantidad	Dimensiones	Capacidad	Marca/ modelo	Año instalación
Planta de Secado	1	Cámara distribuidora (ØxL): 4,74 m x 3,13 m; Fluoplaca de marco circular de 0,75 m de altura Cámara de expansión de 6,6 m de altura.	140 t/h (húmedas)	METSO MINERALS / Planta de secado Fluosólido	2002
Convertidor Teniente	1	22,0 x 5,0 m (LxØ)	2.105 t/d (secas) de concentrado nuevo	Convertidor Teniente	2002
Convertidores Pierce Smith	3	9,1 x 4,0 m (LxØ)	110 ton Metal Blanco/ciclo	CMS Chile S.A. /Convertidor convencional	2001
Hornos de ánodos	2	9,1 x 3,65 m (LxØ)	250 ton Blíster/ciclo	CMS Chile S.A. /Horno de Refino	2002
Rueda de Moldeo	2	16 moldes por rueda	55 t/h para ánodos de 224 kg	DEMAG	2003
Planta de Ácido	1	Convertidor Catalítico de 4 lechos	200.000 Nm <sup>3</sup> /h	OUTOTEC /Planta de Contacto Doble	2019
Planta de Flotación de Escorias	1	Molino SAG Molino Bolas 10 Celdas Flotación 20m <sup>3</sup> 2 espesadores 1 Filtro Prensa 2 Filtros Cerámicos	Diseño: 1.530 ton escoria/d	OUTOTEC	2014

El diagrama de flujo general de proceso y los flujos del balance se presenta a continuación:

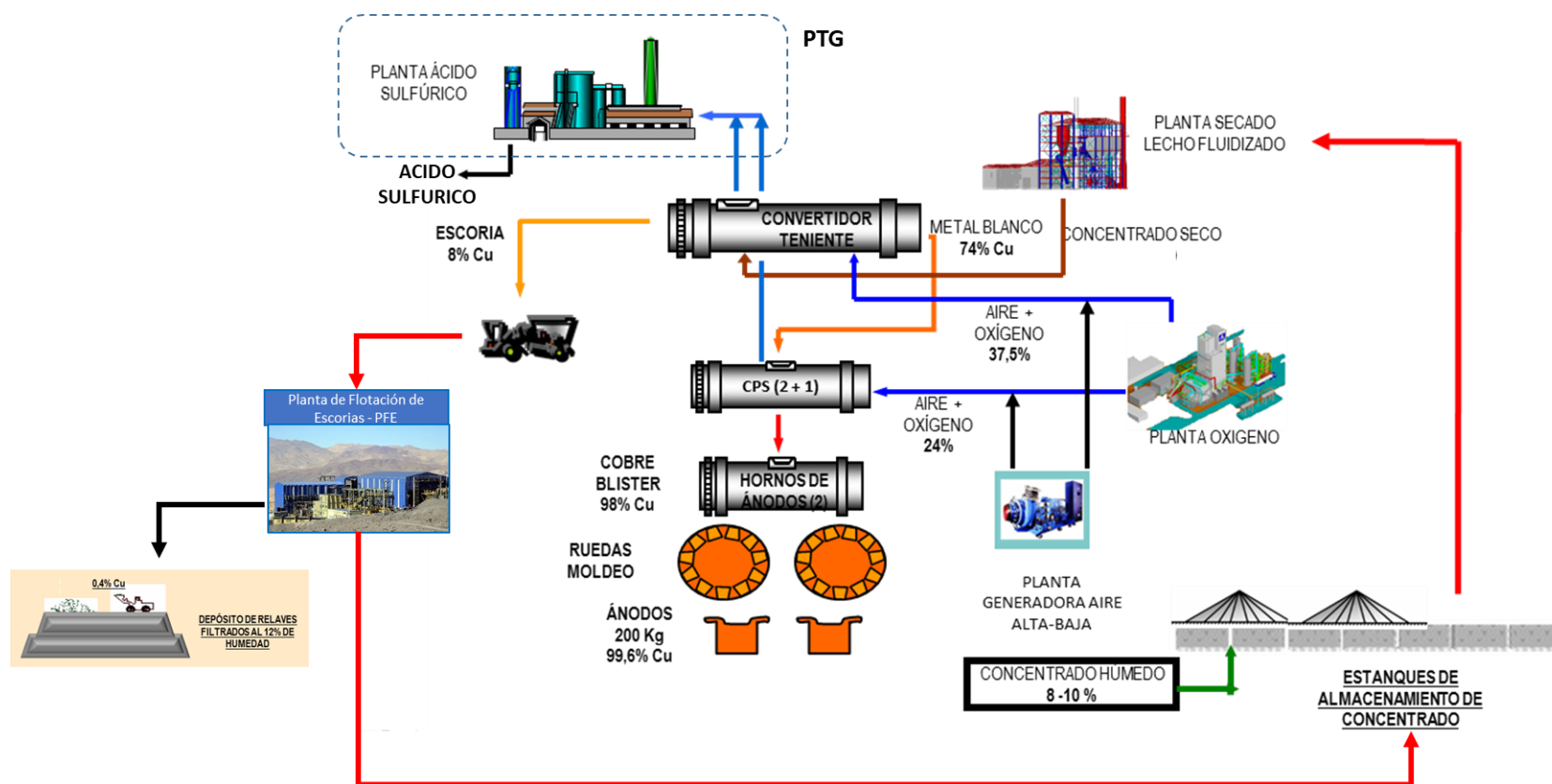


Imagen 2.1 Diagrama General Fundición Potrerillos.

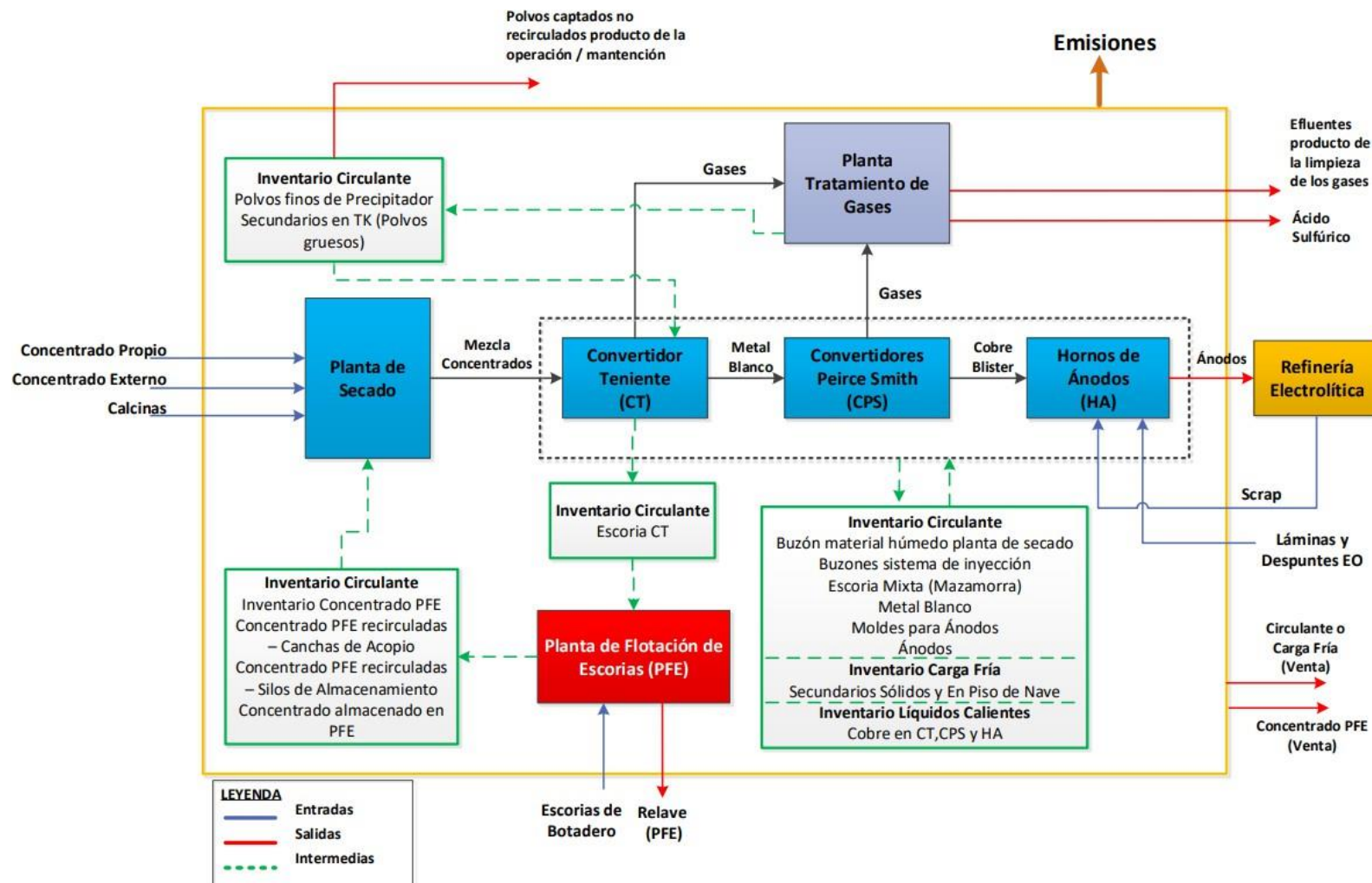


Imagen 2.2: Diagrama de Proceso Fundición Potrerillos.

Los puntos de control corresponden a las siguientes descripciones:

1. **Entradas:** Concentrado Propio, Concentrado Externo, Calcinas, Scrap, Escorias de Botadero y Láminas y Despunte EO.
2. **Flujos Intermedios:** inventarios de Circulantes, Carga Fría, Líquidos Calientes.
3. **Salidas:** Ácido Sulfúrico, Efluentes, Polvos captados no recirculados, Ánodos, Circulante o Carga fría a venta, Concentrado PFE a venta y Relave.

### 3. FLUJOS

Los límites del sistema a establecer para el balance se presentan en la Imagen 2.2, en la cual se identifican y detallan las entradas, salidas, inventarios y emisiones.

Los flujos ya mencionados, que conforman las entradas, salidas e inventarios, son caracterizados en términos de masa por medio de instrumentos y/o métodos cálculo, los que se presentan a continuación:

#### ENTRADAS

- **Concentrado propio:** corresponde a los concentrados que se generan en los procesos de concentración de División Salvador.
- **Concentrado externo:** corresponde a todos los concentrados provenientes de proveedores distintos a División Salvador, tales como corporativos y otras empresas mineras.
- **Calcinas:** corresponde a un concentrado tostado. Este material recibe el mismo procesamiento que los concentrados.

Los puntos de control para la determinación del flujo de *concentrado propio, externo y calcinas*, que son alimentados por silo a la Fundición Potrerillos corresponden a:

- **PRM/Correa R07:** El material es cuantificado por medio del pesómetro ubicado en la correa que transporta material desde los estanques de almacenamiento hasta los silos de concentrado-húmedo, en la descarga de esta correa se toman muestras para la determinación de humedades y análisis químicos.
- **PRM/Camiones:** Para los camiones que ingresan directamente a silo, y que no pasan por la correa R07, se determina la masa que ingresa a la Fundición a través de báscula de camiones. Para determinar las leyes de estos concentrados, se toma una muestra a través de un brazo robótico de muestreo. En caso de que el brazo robótico esté fuera de servicio, se hace muestreo manual, conservando la representatividad de la muestra.
- **Scrap (restos de ánodos):** este flujo corresponde al material generado por el desgaste de los ánodos en proceso de refinación electrolítica.

La determinación del flujo de *Scrap* que ingresa a la Fundición se hace mediante su pesaje en báscula estática. Sus leyes se asignan.

- **Escorias de Botadero:** este flujo corresponde a Escoria que se encuentra depositada en escorial histórico de Potrerillos y que cuando se alimenta al proceso de la Planta de Flotación de Escoria corresponde a material nuevo.

La determinación del flujo de *Escoria Botadero* que ingresa a la PFE se hace mediante su pesaje en báscula estática o pesómetro de correa de alimentación PFE. Su muestreo se realiza en acopio previo a la alimentación a proceso.

- **Láminas y Despuntos EO:** este flujo corresponde al material rechazado en el área de Electro Obtención (EO) de la Planta Hidrometalúrgica de la División.

La determinación del flujo de *Láminas y Despuntos EO* que ingresa a la Fundición se hace mediante su pesaje báscula estática. Sus leyes se asignan.

El Fundente utilizado en Potrerillos corresponde a sílice comercial, comprada a proveedor externo, la cual tiene un contenido de As menor a 0,005%. Por otro lado, esta corriente no se ingresa al sistema SIGMAFINE para la determinación de los flujos, ya que no contiene cobre. Dado lo anterior, el Flujo de Fundente no se considera como entrada al balance. A modo de control, se realizara una vez al mes un muestreo y análisis por As al fundente almacenado en Potrerillos previo a su consumo.

### **SALIDAS**

- **Ácido sulfúrico:** corresponde a un subproducto de proceso de Fundición.

El flujo de los *Ácido Sulfúrico* se determina considerando el valor de despacho real de producto y la variación de inventario de estanques. Sus leyes se obtienen del muestreo que se realiza en línea de producción de la planta.

- **Efluentes producto de la limpieza de los gases:** corresponde a los efluentes generados en las limpiezas húmedas de los gases.

El flujo de los *Efluentes* se determina considerando el valor de despacho real de producto y la variación de inventario de estanques. Sus leyes se obtienen del muestreo que se realiza en línea de producción de la planta.

- **Polvos captados no recirculados producto de la operación/mantenimiento:** corresponden a los polvos finos y gruesos generados por la limpieza de gases. Estos polvos pueden ser enviados a disposición final o a comercialización, según los acuerdos comerciales que genere la División, y la normativa vigente.

El flujo de *Polvos captados no recirculados producto de la operación/mantenimiento* se determina mediante el pesaje de camiones despachados en báscula certificada y el material



es muestreado previo a su carga en los camiones. Notar que se muestrea cada maxisaco que se carga al camión.

- **Ánodos:** corresponden al producto principal de la Fundición (cobre anódico).

El flujo de *Ánodos* se determina mediante el cálculo del tonelaje asociado, para lo cual se registra la cantidad de piezas generadas por día (vía moldeo) y se multiplican por el peso promedio de ánodos por formato, que corresponde al dato que se obtiene desde la báscula ubicada en la Refinería. Se muestrea cada moldeo de ánodos.

- **Circulante o carga fría a venta:** corresponde a un flujo que se genera cuando se alcanzan acuerdos comerciales o su procesamiento en otra unidad de negocio de la División, Corporación o Externos.

El flujo de *Circulante* a venta se determina en la báscula certificada de pesaje de camiones y se muestrean los lotes a vender.

- **Concentrado PFE a venta:** corresponde a un flujo de venta de concentrado de la planta de flotación de escorias (PFE) según acuerdos comerciales o su procesamiento en otra unidad de negocio de la División, Corporación o Externos.

El flujo de *concentrado PFE* a venta se determina en la báscula certificada de pesaje de camiones y se muestrean camiones antes de ser despachados, ya sea con brazo robótico o en forma manual en caso de no contar con el brazo robótico.

- **Relave:** corresponde al material residual que se obtiene como descarte del procesamiento de la escoria en la Planta de Flotación de Escorias y es un relave filtrado el cual posteriormente se transporta en camión al Depósito de Relaves Filtrados.

El flujo de *Relave* se determina mediante la correa CV 4004 (equipada con pesómetro certificado) o a través de la reconciliación del balance metalúrgico de Cobre de la Planta de Flotación de Escorias. El muestreo, que se realiza en camiones que lo retiran de la PFE y lo trasladan a su depósito final, se realiza con brazo robótico o en forma manual en caso de no contar con el brazo robótico. Cabe indicar que la PFE puede operar en forma independiente de la fusión de concentrados en Fundición.

Si por necesidades operacionales se requiera una corriente puntual de entrada y/o salida distinta a las declaradas en este documento, esta se incorporará al balance de forma tal que el muestreo y análisis sean representativos.

---

## **INVENTARIOS**

- **Circulantes:** corresponde a los materiales que son reprocesados, los cuales pueden tener origen en limpiezas de nave, techos, correas o ser generados en el proceso.

Los Inventarios de Circulante se determinan entre otros, mediante pesaje aleatorio, conteo de ollas, estimación de volúmenes y uso de densidades y/o estimaciones. Los principales circulantes y la determinación de sus inventarios se presentan a continuación:

- **Buzón Material Húmedo Planta de Secado:** corresponde a mezcla de concentrado y se encuentra en los silos de concentrado húmedo.
- **Buzones Sistema de Inyección:** corresponde a mezcla de concentrado y se encuentra en los silos de concentrado seco de cada sistema de inyección.
- **Polvos Finos de Precipitador:** corresponden a los polvos extraídos del sistema de Manejo de gases. Su inventario se determina mediante factor de peso y conteo de maxisacos. Se muestrea en el despacho y/o traslado interno según corresponda.
- **Escoria Mixta (Mazamorra):** corresponde al material generado por escoreo de los procesos de conversión (CPS) y refinado a fuego (HA), que no es posible retornar al Convertidor Teniente en forma líquida. Este material es extraído en ollas y dispuesto en el sector de almacenamiento donde se enfría, generando un circulante sólido que es acopiado.
- **Metal Blanco:** corresponde a Metal Blanco recuperado en el proceso o en la separación de fase (Escoria – Metal Blanco) de Escoria CT. Su inventario se determina mediante factor de peso multiplicado por la cantidad de piezas acumuladas. El muestreo se hace al material acopiado.
- **Moldes para Ánodos:** corresponde a piezas que se fabrican de cobre y son utilizados en la fundición en canaletas o como moldes para formar ánodos. Su inventario es determinado por la multiplicación entre el número de piezas y su factor de peso. Sus leyes son asignadas.
- **Escoria CT:** corresponde al material generado en el Convertidor Teniente, el cuál es extraído en ollas y dispuesto en el sector de enfriamiento, generando un circulante sólido que es acopiado. El inventario se calcula multiplicando la cantidad de ollas con escorias extraídas, por el tonelaje promedio determinado por medio del pesaje aleatorio en báscula. Este material se muestrea por lote en acopio en Área 2000 PFE.
- **Secundario en TK (Polvos gruesos):** corresponden a los polvos extraídos del sistema de Manejo de gases. Su inventario se determina mediante pesaje y se muestrean en el traslado interno.

- **Ánodos:** corresponde a ánodos producto final que puede quedar inventariado en la fundición. Su inventario se determina vía conteo de piezas acumuladas y se multiplica por el peso promedio de ánodos. Las leyes se asignan como la del compósito mensual de ánodos.
- **Concentrado PFE (Planta de Flotación de Escorias):** corresponde al material generado producto del tratamiento de escorias proveniente de Convertidor Teniente o de botadero histórico (antiguas) en la planta de flotación de escorias. Este material está ubicado en los estanques de concentrado, en los silos de concentrado húmedo y en la planta de flotación de escorias. El inventario se determina efectuando un balance de masa y finos utilizando las variables: inventario inicial, recepción (pesado en básculas certificadas) y traspaso de este producto a silos de concentrado húmedo utilizando la correa R-07 (equipada con pesómetro certificado), con lo que se obtiene masa y leyes.
  - **Concentrado de Flotación de Escorias Recirculadas – Canchas de Acopio<sup>1</sup>:** Este material está ubicado en los estanques de concentrado.
  - **Concentrado de Flotación de Escorias Recirculadas – Silos de Almacenamiento<sup>2</sup>:** Este material está ubicado en los silos de concentrado.
  - **Concentrado Almacenado en PFE:** Este material está ubicado en la planta de flotación de escorias.

En el caso de procesar escorias provenientes de botadero histórico, el concentrado producido será incluido en los flujos de Concentrado de Flotación de Escorias Recirculadas – Canchas de Acopio y/o Silos de Almacenamiento.

- **Carga Fría:** corresponde al material que se extrae de la limpieza interior de la Nave de fundición (trasvasijos, derrames, entre otros) y de la extracción de las cáscaras que se forman al interior de las ollas que trasladan líquidos al interior de la fundición. Su inventario se determina mediante estimaciones y se muestrea el material acopiado.
  - **Secundarios Sólidos:** Este material es acopiado al exterior de la correa R06.
  - **En Piso de Nave:** Este material es acopiado en otros sectores distintos que el exterior de la correa R06.
- **Líquidos calientes:** corresponde al material líquido que se encuentra contenido en el interior de los hornos de la nave de fundición, al cierre de mes, a saber:
  - **Cobre en CT:** se determina la masa según estimación de nivel de Metal Blanco y Escoria. Sus leyes se asignan según la última olla de Metal Blanco y última olla de Escoria sangradas en el mes (muestreo de control de procesos).

---

<sup>1</sup> Corresponde al inventario asociado al Balance de Cobre de la División Salvador NODO 106.

<sup>2</sup> Corresponde al inventario asociado al Balance de Cobre de la División Salvador NODO 200.

- **Cobre en CPS:** se determina la masa según estimación de cantidad de líquido en su interior y se puede tener Metal Blanco o Blíster. Si es Metal Blanco, se asigna la misma ley del Convertidor Teniente anteriormente descrita, y si es Blíster se asigna la ley estándar de Blíster.
- **Cobre en HA:** se determina la masa por conteo de ollas de Blíster cargadas al horno y se asigna la ley estándar de Blíster.

También se considera, pero en forma separada, el Material de Limpieza el cual se descuenta del balance anual y que corresponde a material no contabilizado en los balances mensuales respectivos. Dicho material es proveniente de mantenciones y/o limpieza mayor o cualquier mantención prolongada de la Fundición, o durante el reemplazo parcial o total de equipos o partes de equipos y su flujo se determina según origen y tipo de material. Este material puede ser polvo grueso, polvo fino, efluente y/o borras acidas de limpiezas en Planta de Acido cuando se produzcan. Dado que las borras acidas se producen esporádicamente, su muestreo y análisis se harán oportunamente con los procedimientos adecuados que garanticen su representatividad.

#### 4. VALIDACIÓN DEL BALANCE

La información para el cálculo del Balance de Masa se incorpora diariamente en los distintos sistemas operacionales de la División, la cual será validada por el encargado designado de reportabilidad de operaciones (GFURE), quien podrá rectificarla según el respaldo con que cuente para cada caso, lo que quedará consignado en el control de cambio que posee el sistema SIGMAFINE. La determinación de los inventarios se efectúa a fines de cada mes, siendo responsabilidad del encargado de balance (GRMD) la incorporación de esta información al sistema de registro SIGMAFINE. **Para efectos de cierre, el cálculo del Balance de Masa considera la información hasta las 08:00 h del primer día del mes siguiente.**

Los datos cargados al sistema SIGMAFINE que serán considerados como datos de entrada, se reconciliarán mediante los algoritmos internos propios del software, entregando valores reconciliados según las tolerancias e incertidumbres asignadas a cada flujo.

Para los balances de azufre y arsénico, se utilizarán para su confección los valores de flujos reconciliados del balance de cobre, obtenidos de la forma antes descrita; mientras que las leyes de cada flujo serán las medidas en cada punto de control esquematizado anteriormente.

#### Modelo de cálculo

El modelo de cálculo del Balance para el proceso Pirometalúrgico de División Salvador, corresponderá a lo instruido por la entidad ambiental en la Res. Ext. SMA N° 694 del año 2015, apartado 3.4.1., que indica lo siguiente:

*“Es importante destacar que los balances de As y S no se ajustan directamente, sino que, al contar con los flujos, los pesos secos ajustados y sus leyes, en cada flujo, estos se aplican para obtener un balance de As y S validado.*

*Para el balance de arsénico se tienen los pesos secos ajustados de cada flujo de entrada, salida y acumulado y el análisis químico para arsénico de cada uno de éstos flujos.*

*Luego se multiplica el peso seco del flujo ajustado por la fracción en peso de arsénico (porcentaje dividido por cien) y así se obtiene el peso de arsénico o fino de arsénico en todos los flujos.*

$$\text{Fino As en flujo } i = \text{Peso seco flujo } i_{(\text{ajustado})} \times \frac{\% \text{ en peso As del flujo } i}{100}$$

*Si el análisis está en ppm (cuando hay muy poco Cu), entonces la ecuación anterior se divide por 10.000.*

$$\text{Fino As en flujo } i = \text{Peso seco flujo } i \times \frac{\% \text{ en peso As del flujo } i}{100 \times 10000}$$

*Conocido el fino de arsénico en cada flujo se reemplazan en la ecuación anterior, según corresponda (flujo entrada, salida o acumulado), obteniéndose el balance de As validado:*

$$\text{Emisión Validada } As_{mes} = As_{entrada} - As_{salida} - [As_{(final)} - As_{(inicial)}]$$

*Para el azufre se sigue la misma metodología de cálculo, así se tiene:*

$$\text{Fino S en flujo } i = \text{Peso seco flujo } i_{(\text{ajustado})} \times \frac{\% \text{ en peso S del flujo } i}{100}$$

*Conocido el fino de azufre en cada flujo se reemplazan en la ecuación 3:*

$$\text{Emisión Validada } S_{mes} = S_{entrada} - S_{salida} - [S_{(final)} - S_{(inicial)}]$$

*Para realizar algún ajuste en el balance de arsénico y de azufre se deberá considerar lo siguiente, en orden jerárquico:*

- *Primero, ajustar los flujos másicos de acuerdo a los balances de cobre y/o hierro.*
- *Segundo, si no cuadra el balance de arsénico y/o de azufre variar la concentración de arsénico y/o de azufre de acuerdo al rango de concentración de los mismos, del resultado del análisis químico (el análisis químico entrega el promedio junto con la desviación de la muestra).*
- *Tercero, si no cuadra el balance de arsénico y/o de azufre volver al punto inicial."*

#### 4.1 Consideraciones del balance

---

***Tonelaje de flujos de proceso***

El tonelaje de todos los flujos corresponderá al valor reconciliado en el balance de cobre, el cual es efectuado previo a los balances de azufre y arsénico, utilizando el software SIGMAFINE.

La trazabilidad y ajustes de estos flujos estarán entonces registradas en el control de cambio asociado al sistema de reconciliación divisional.

***Inventarios de proceso***

Los tonelajes de los inventarios finales también serán considerados como los resultantes del balance de cobre ya reconciliados, siendo los finales de cada mes los iniciales del periodo siguiente.

Para efecto del aporte de inventarios en el balance de azufre y arsénico, se determinará la variación de inventarios efectiva, mediante la diferencia resultante del inventario final menos el inventario inicial del periodo.

La validación de los inventarios se efectuará al cierre de cada mes, dejando registro de esta toma de inventario, para lo cual se verificará la información de operaciones respecto a la generación y consumo de cada inventario y su variación efectiva en el mes, y se contrastará con el inventario físico existente. La contrastación de los inventarios se podrá efectuar según la factibilidad asociada al volumen y tipos de material, según los siguientes ítems:

- a. Conteo
- b. Pesaje
- c. Lectura de instrumentos de medición
- d. Transferencia a través de PI System
- e. Topografía
- f. Medición Láser
- g. Estimaciones de acuerdo a volúmenes conocidos.

Los volúmenes encontrados junto con sus respectivas densidades permiten calcular los tonelajes secos de cada uno de ellos, información que está disponible en los registros del sistema.

Las densidades aplicadas son parte de los registros existentes y pueden ser actualizadas cuando corresponda.

Los resultados de los tonelajes calculados se mantienen en los registros respectivos.

***Leyes de azufre y arsénico***

De acuerdo a las orientaciones entregadas por SMA, para cada flujo de proceso éstas serán utilizadas de forma directa según las mediciones entregadas por los laboratorios químicos, y controladas en cada uno de los flujos y puntos de control, antes mencionado.

El valor de las leyes que se cargará al sistema, corresponderá al valor analizado en los compósitos diarios, conformados por incrementos tomados en los puntos de control.

Para las leyes de los inventarios finales, se considerará las resultantes del cálculo entre los contenidos finos iniciales de cada acopio, más el ingreso controlado, menos los flujos de consumos, considerando el inventario como un conjunto. En otros casos se pueden hacer muestreos de los inventarios finales para determinar sus leyes.

## 5. MUESTREO

Tabla 5.1: Descripción de Muestreos Entradas.

ENTRADAS							
Ítem	Flujos	Punto de Muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de incrementos
1	Concentrados Propios	PRM/Correa R07	Directa	I-GRMD-MP-034	Cada 15 minutos	Manual con un compósito por turno de 12 horas	4 inc./hora
		PRM/Camión	Directa	P-GFR-FU-PRM-003 P-GFR-FU-PRM-010	Cada Camión	Automático (Brazo robótico) Compósito: 1/camión Manual (brazo robótico fuera de servicio) Compósito: 1/camión	20 inc./camión
2	Concentrado Externo	PRM/Correa R07	Directa	I-GRMD-MP-034	Cada 15 minutos	Manual con un compósito por turno de 12 horas	4 inc./hora
		PRM/Camión	Directa	P-GFR-FU-PRM-003 P-GFR-FU-PRM-010	Cada Camión	Automático (Brazo robótico) Compósito: 1/camión Manual (brazo robótico fuera de servicio) Compósito: 1/camión	20 inc./camión
3	Calcinas	PRM/Correa R07	Directa	I-GRMD-MP-034	Cada 15 minutos	Manual con un compósito por turno de 12 horas	4 inc./hora
		PRM/Camión	Directa	P-GFR-FU-PRM-003 P-GFR-FU-PRM-010	Cada Camión	Automático (Brazo robótico) Compósito: 1/camión Manual (brazo robótico fuera de servicio) Compósito: 1/camión	20 inc./camión
4	Scrap (restos de ánodos) (1)	Refinería Potrerillos	Directa	I-GRMD-MP-057	Cada paquete para embarque (venta)	Manual perforación con taladro	2inc./pieza, 1 o 3 piezas por paquete
5	Escoria de Botadero	SAPFE	Directa	I-GRMD-MP-062	Cada lote de 300 ton	Manual un compósito por cada 300 ton	25 inc./lote de 300 ton



6	Láminas y Despuntos EO (2)	Planta SX-EW Salvador	Directa	I-GRMD-MP-019	Cada lote de cátodos cosechado	Manual perforación con taladro	9 inc./cátodo y 13 cátodos por paquete de muestra
---	----------------------------------	--------------------------	---------	---------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---

- inc.: incremento / PRM: Planta de Recepción y Mezcla / SAPFE: Sector Alimentación Planta Flotación de Escoria / NA: no aplica
- (1) Las Leyes de As y S del Scrap se asignan como las leyes del compósito mensual del scrap generado en Refinería Potrerillos para venta.
- (2) Las leyes de As y S de Láminas y Despuntos EO se asignan como las leyes de los lotes de cátodos de la Planta SX-EW Salvador.

**Tabla 5.2: Descripción de Muestreos Salidas.**

SALIDAS							
Ítem	Flujos	Punto de Muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de incrementos
7	Ácido Sulfúrico	Planta de Ácido Sulfúrico	Cálculo Indirecto	P-GFR-SOP-PAS-008	2 veces/turno	Manual con compósito por día	4 inc./día (3)
8	Efluentes producto de la limpieza de los gases	Planta de Ácido Sulfúrico	Cálculo Indirecto	P-GFR-SOP-PAS-008	2 veces/turno	Manual con compósito por día	4 inc./día (3)
9	Polvos captados no recirculados producto de la operación/mantenimiento	Manejo y Limpieza de Gases	Directa	I-GRMD-MP-052	Cada camión	Manual por saco cargado al camión	1 inc./maxisaco cargado a camión (4)
10	Ánodos	Muestrera Refinería	Cálculo Indirecto	I-GRMD-MP-058	Cada Moldeo	Manual perforación con taladro	20 inc./pieza, considera 3 piezas por moldeo (mayor al 0,25% del ciclo de moldeo)
11	Circulante o carga fría a venta	Stock inventario	Directa	I-GRMD-MP-062	Cada lote de 300 ton	Manual un compósito por cada 300 t	25 inc./lote de 300 ton
12	Concentrado PFE a venta	PRM	Directa	P-GFR-FU-PRM-003 P-GFR-FU-PRM-010	Lote de 10 camiones	Automático (Brazo robótico) Compósito: 1/camión Manual (brazo robótico fuera de servicio) Compósito: 1/camión	20 inc. de 1 camión del lote (1 compósito/lote)
13	Relave	Salida Planta Flotación Escoria	Directa/Cálculo Indirecto	P-GFR-FU-PRM-003 P-GFR-FU-PRM-010	Lote de 10 camiones	Automático (Brazo robótico) Compósito: 1/camión Manual (brazo robótico fuera de servicio) Compósito: 1/camión	20 inc. de 1 camión del lote (1 compósito/lote)

- 
- inc.: incremento / PRM: Planta de Recepción y Mezcla / SAPFE: Sector Alimentación Planta Flotación de Escoria / NA: no aplica
  - (3) La cantidad de incrementos diarios es menor a lo indicado en protocolo de balances dado que el muestreo se realiza en forma manual y se busca minimizar la exposición de los trabajadores a los peligros de exposición a ácido sulfúrico y efluente, siendo de todas formas muestras representativas.
  - (4) Cada camión se carga con 20 a 26 maxisacos aproximadamente. Cada maxisaco es de aproximadamente 1m3 de capacidad.

**Tabla 5.3: Descripción de Muestreos Inventarios.**

INVENTARIOS							
Ítem	Flujos	Punto de Muestreo	Forma de determinación	Metodología*	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de incrementos
14	Buzón material húmedo planta de secado	Silo	Directa	PRO-PTP-105	Diaria	Manual	5 inc./silo
15	Buzones sistemas de inyección	Silo	Directa	PRO-PTP-105	Diaria	Manual	5 inc./silo
16	Polvos Finos de Precipitador	Bodega	Estimación	I-GRMD-MP-052	Lote de producción diaria	Manual, compósito de producción diaria	1 inc./saco
17	Escoria Mixta (Mazamorra)	Sectores de acopio	Estimación	I-GRMD-MP-062	Cada lote de 300 ton	Manual un compósito por cada 300 ton	25 incr./lote de 300 ton
18	Metal Blanco	Área 2000 PFE	Estimación	I-GRMD-MP-062	Cada lote de 300 ton	Manual un compósito por cada 300 t	25 inc./lote de 300 ton
19	Moldes para Ánodos	NA	Cálculo Indirecto	NA	NA	Valor asignado de acuerdo a valores controlados en producción anódica del mes	N/A
20	Escoria CT	Área 2000 PFE	Estimación	I-GRMD-MP-062	Cada lote de 300 ton	Manual un compósito por cada 300 ton	25 incr./lote de 300 ton
21	Secundario en TK (Polvo grueso)	Acopios secundarios	Cálculo Indirecto	I-GRMD-MP-048	Cada vez que se traslada lote	Manual, compósito de máximo 300 t	10 inc./lote
22	Ánodos	NA	Cálculo Indirecto	NA	NA	Valor asignado de acuerdo a valores controlados en producción anódica del mes	NA
23	Concentrado de flotación de escorias recirculadas – Canchas de Acopio	NA	Cálculo Indirecto	El inventario final (masa y leyes) se determina mediante cálculo de balance entre inventario inicial, la recepción y el consumo de concentrado PFE	Al cierre de mes	NA	NA

24	Concentrado de flotación de escorias recirculadas – Silos de Almacenamiento	NA	Cálculo Indirecto	El inventario final (masa y leyes) se determina mediante cálculo de balance entre inventario inicial, la recepción y el consumo de concentrado PFE	Al cierre de mes	NA	NA
25	Concentrado almacenado en PFE	NA	Cálculo Indirecto	El inventario final (masa y leyes) se determina mediante cálculo de balance entre inventario inicial, la recepción y el consumo de concentrado PFE	Al cierre de mes	NA	NA
26	Secundarios sólidos	Exterior R06	Directa	I-GRMD-MP-062	Cada lote de 300 ton	Manual un compósito por cada 300 t	25 inc./lote de 300 ton
27	En Piso de nave	Sectores de acopio	Directa	I-GRMD-MP-062	Cada lote de 300 ton	Manual un compósito por cada 300 t	25 inc./lote de 300 ton
28	Cobre en CT	Fundición	Estimación	Se asigna ley de As y S de la última olla de Metal Blanco y última olla de Escoria del mes (muestreo de control de procesos)	Al cierre de mes	Manual, cuchara para metal blanco. Manual, paleta para escoria.	1 inc./olla (metal blanco) 3 in./olla (escoria)
29	Cobre en CPS	Fundición	Estimación	Si CPS está en carga o en proceso, se considera MB ídem al usado en carga líquida CT. Si CPS terminó la carga se asigna leyes de As y S estándar de Cobre Blíster	Al cierre de mes	NA	NA
30	Cobre en HA	Fundición	Estimación	Se asigna leyes de As y S estándar de Cobre Blíster al material recibido desde CPS	Al cierre de mes	NA	NA
--	Borras Ácidas	Planta de Ácido	Directa	PROC-GFR-FU-PRO-0002	Cada vez que se produzcan	Manual	3 inc./bins

\*Se aplicarán los procedimientos mencionados en su última versión actualizada.

Consideraciones:

- 
- Para los concentrados propios, externos y calcinas, se realiza muestreo con incrementos cada 15 minutos, es decir, 4 incrementos por hora y se hacen compósitos por turno de operación y como se trabaja en jornadas de 12 h/turno, se tienen 2 compósitos por día.

- 
- La corriente de relave de la PFE corresponde a un relave filtrado, por lo que es discontinua al ser generada por una etapa de filtración y transportada en camiones al depósito de relave.
  - Nótese que la olla de metal blanco se muestrea con una cuchara mientras que la de escoria CT se hace con una paleta, por lo que el volumen muestreado en una cuchara es bastante mayor que en una paleta. Dado lo anterior, las muestras se consideran suficientes para un análisis químico adecuado con una cuchara de metal blanco y 3 paletas de escoria.

A continuación, se presenta el diagrama de procesos y flujos, con los puntos de medición y muestreo:

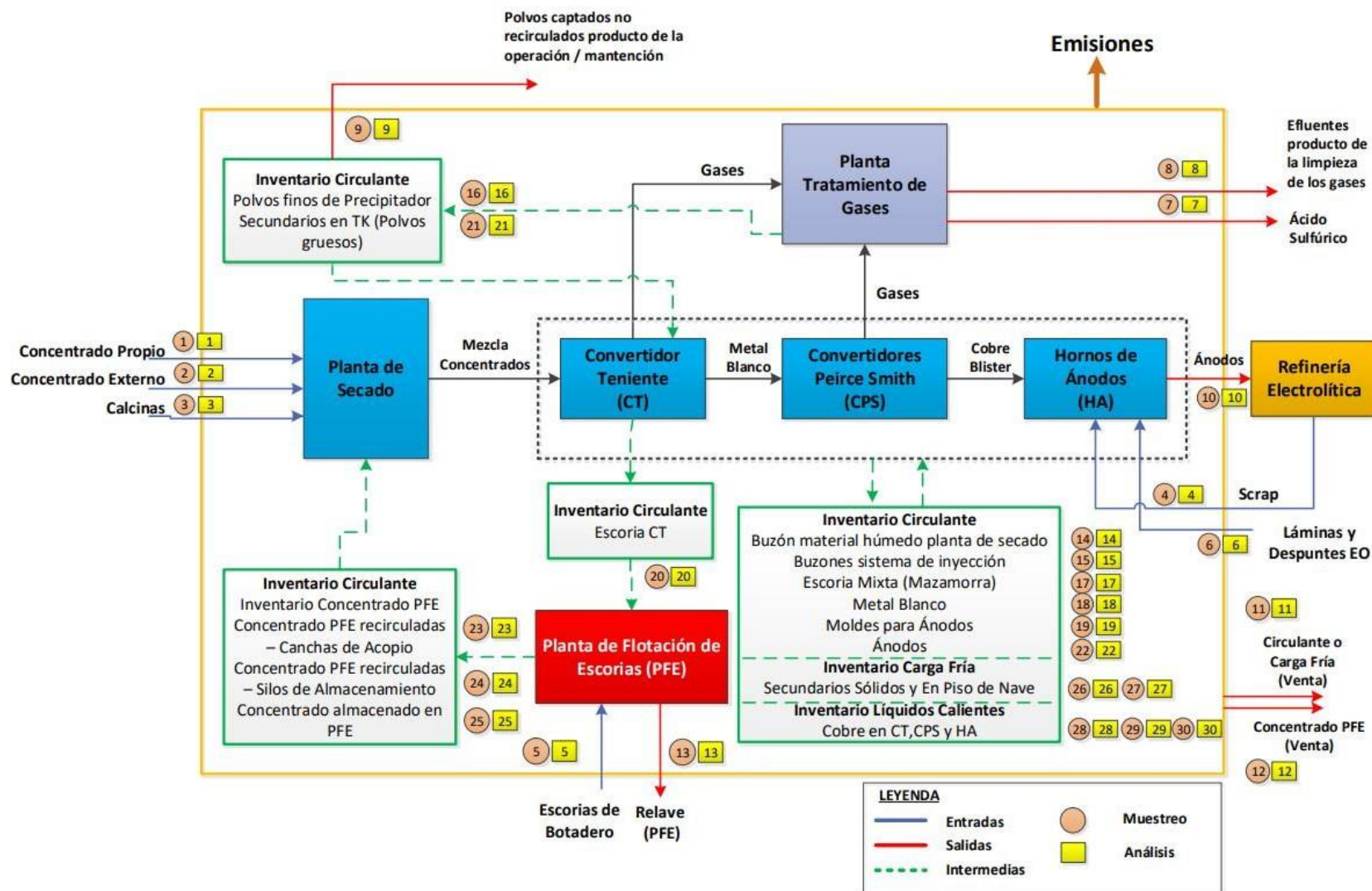


Imagen 5.1: Diagrama de Puntos de Medición y Muestreo.



## 6. ANÁLISIS QUÍMICO

Tabla 6.1: Descripción del Análisis Químico Entradas.

ENTRADAS										
N°	Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de muestreo / equipos	Técnica de Análisis S	Metodología	Limite detección S	Error S	Técnica de análisis As	Limite detección As	Error As
1	Concentrado Propio	Por lote	ICP-OES/LECO	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES/LECO	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149 PRO-LQP-037	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
2	Concentrado Externo	Por lote	ICP-OES/LECO	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES/LECO	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149 PRO-LQP-037	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
3	Calcinas	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
4	Scrap (restos de ánodos)	Por lote	S/LECO AS/ICP-OES	S-detección IR (S LECO)	I-GRMD-LQ-119 I-GRMD-LQ-126	0,0002%	0,1% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	2 ppm	50 ppm +/-
5	Escoria de Botadero	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
6	Láminas y Despuntos EO	Por lote	S/LECO AS/ICP-OES	S-detección IR (S LECO)	I-GRMD-LQ-119 I-GRMD-LQ-126	0,0002%	0,1 % +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	2 ppm	50 ppm +/-

**Tabla 6.2: Descripción del Análisis Químico Salidas.**

SALIDAS										
N°	Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de muestreo / equipos	Técnica de Análisis S	Metodología	Limite detección S	Error S	Técnica de análisis As	Limite detección As	Error As
7	Ácido Sulfúrico	Diaria	Por técnicas	Ácido producto, indirecto => Pureza, por volumetría de neutralización	I-GRMD-LQ-148 I-GRMD-LQ-129	0,01%	0,5% +/-	Generación de Hidruros	0,2 ppm	5 ppm +/-
8	Efluente producto de la limpieza de los gases	Diaria	Por técnicas	Acido producto, indirecto => Pureza, por volumetría de neutralización	I-GRMD-LQ-148 I-GRMD-LQ-129	0,01%	0,5% +/-	Generación de Hidruros	0,2 ppm	5 ppm +/-
9	Polvos captados no recirculados producto de la operación/mantenimiento	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
10	Ánodo	Por moldeo	S/LECO As/ICP-OES	S-detección IR (S leco)	I-GRMD-LQ-119 I-GRMD-LQ-126	0,0002%	0,1 % +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	2 ppm	50 ppm +/-
11	Circulante o Carga fría a venta	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
12	Concentrado PFE a venta	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
13	Relave	Diaria	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-

**Tabla 6.3: Descripción del Análisis Químico Inventarios.**

INVENTARIOS										
N°	Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de muestreo / equipos	Técnica de Análisis S	Metodología*	Limite detección S	Error S	Técnica de análisis As	Limite detección As	Error As
14	Buzón material húmedo planta de secado	Por lote	ICP-OES/LECO	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES/LECO	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149 PRO-LQP-037	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
15	Buzones sistemas de inyección	Por lote	ICP-OES/LECO	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES/LECO	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149 PRO-LQP-037	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
16	Polvos Finos de Precipitador	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
17	Escoria Mixta (Mazamorra)	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
18	Metal Blanco	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
19	Moldes para Ánodos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20	Escoria CT	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de	I-GRMD-LQ-128 I-GRMD-LQ-145	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-

				Na, lectura ICP-OES						
21	Secundario en TK (Polvo grueso)	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
22	Ánodos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23	Concentrado de flotación de escorias recirculadas – Canchas de Acopio	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
24	Concentrado de flotación de escorias recirculadas – Silos de Almacenamiento	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
25	Concentrado almacenado en PFE	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-132 I-GRMD-LQ-149	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
26	Secundarios sólidos	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-128 I-GRMD-LQ-145	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
27	En Piso de nave	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	I-GRMD-LQ-128 I-GRMD-LQ-145	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
28	Cobre en CT	Cada vez	FRX	Fluorescencia Rayos X	I-GRMD-MP-037	0,0005%	5% +/-	Fluorescencia Rayos X	0,0001%	5% +/-
29	Cobre en CPS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

30	Cobre en HA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
--	Borras Ácidas	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP- OES	I-GRMD-LQ-150 I-GRMD-LQ-151	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-

- ICP-OES: Espectrómetro Óptico de Plasma.
- El laboratorio de Análisis Químico se rige por el documento PT-GRMD-007 "Protocolo aseguramiento de calidad del Laboratorio".

\*Se aplicarán los procedimientos mencionados en su última versión actualizada.

## 7. RED DE MONITOREO

La División Salvador de Codelco cuenta con una red de monitoreo de calidad del aire, cuyas estaciones de monitoreo, se encuentran en:

- Salvador: Intelec, Portal del Inca, Cine Inca.
- Potrerillos: CAP, Doña Inés. • Diego de Almagro: Pampa Austral Norte, Pampa Austral Sur.
- Chañaral: Aeropuerto, Capitanía de Puerto, Patio Bodega.

A continuación, en la Tabla 7-1 se presenta tabla con la ubicación de las estaciones que conforman la Red de Monitoreo de DSAL, y además las variables que miden:

**Tabla 7.1: Red de monitoreo variables meteorológicas y material particulado DSAL.**

N°	Nombre Estación	Ubicación	Medición
1	Chañaral	Población aeropuerto, Chañaral	Meteorología y MP 10
2	Pampa Austral Norte	Depósito de Relaves Pampa Austral	Meteorología y MP 10
3	Pampa Austral Sur	Camino a Depósito de Relaves Pampa Austral	Meteorología y MP 10
4	Cine Inca	El Salvador	Meteorología, SO <sub>2</sub> , MP 10, MP 2,5 y MPS MP 10 y MP 2,5 Continua
5	Intelec	El Salvador	Meteorología y MP 10
6	Portal del Inca	El Salvador	Meteorología, MP 10 y 2,5
7	CAP	Potrerillos	Meteorología, SO <sub>2</sub> y MP 10
8	Doña Inés	Potrerillos	Meteorología, SO <sub>2</sub> y MP 10
9	Patio Bodega	Chañaral	Meteorología MP 10 y MP 2,5
10	Capitanía (Ex aduana)	Chañaral	Meteorología, MP 10, MP 2,5 y MPS